

УДК 678

А. Е. Шкуро, Ю. М. Кулаженко, Н. С. Сёмкин, В. В. Глухих  
(A. E. Shkuro, U. M. Kulagenko, N. S. Semkin, V. V. Glukhikh)  
УГЛТУ, Екатеринбург  
(USFEU, Yekaterinburg)

**ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ  
С ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНЫМ СВЯЗУЮЩИМ  
И ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ**  
(PREPARATION AND PROPERTIES OF COMPOSITES WITH  
POLYVINYL CHLORIDE BINDERS AND LIGNOCELLULOSE FILLERS)

*Исследовалось влияние на свойства изделий из композиционных материалов с поливинилхлоридным связующим содержания в их составе наполнителей растительного происхождения (сульфатной целлюлозы и лигнина).*

*The influence of the plant-based fillers (sulphate cellulose and lignin) content on the properties of composite materials with a polyvinyl chloride binder was studied.*

Одно из достоинств композиционных материалов с термопластичными полимерными связующими и наполнителями растительного происхождения (РПКт) заключается в том, что их можно получать из отходов производства и потребления: вторичных термопластичных полимеров (полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида и др.), опилок и стружек лесопиления и деревообработки, сельскохозяйственных отходов и различных видов отходов потребления [1, 2]. РПКт с поливинилхлоридом (ПВХ) обладают более высокими физико-механическими свойствами, негорючестью по сравнению с композитами на основе таких термопластичных связующих, как полиэтилен и полипропилен.

Основной целью проведённых исследований являлось определение влияния на свойства изделий из РПКт с ПВХ содержания в составе лигноцеллюлозных наполнителях целлюлозы и лигнина.

Несвязанными входными факторами в запланированном эксперименте были выбраны два фактора ( $k = 2$ ): массовые доли в рецептуре РПКт сульфатной целлюлозы ( $Z_1$ , мас. %) и пластификатора диоктилтерефталата ( $Z_2$ , мас. %). Содержание остальных компонентов в рецептуре РПКт, поливинилхлорида (ПВХ) и гидролизного лигнина являются связанными со входными факторами.

Рецептура РПКт для получения математической модели влияния входных факторов на физико-механические свойства представлена в табл. 1.

Таблица 1

## Рецептура получения лабораторных образцов РПКт

Номер опыта	Соотношение компонентов, м.ч.				Навеска компонентов, г, для получения заданной массы их смеси
	Полимер	Целлюлоза	Лигнин	Пластификатор	
1	47,62	47,62	0	4,76	100,00
2	47,62	0	47,62	4,76	100,00
3	50,00	50,00	0	0	100,00
4	50,00	0	50,00	0	100,00
5	48,78	48,78	0	2,44	100,00
6	48,78	0	48,78	2,44	100,00
7	47,62	23,81	23,81	4,76	100,00
8	50,00	25,00	25,00	0	100,00
9	48,78	24,39	24,39	2,44	100,00

Смешение компонентов РПКт производилось вальцеванием на лабораторных вальцах при температуре 130 °С. После вальцевания смеси помещали в пресс-форму и проводили их горячее прессование при температуре 170 °С и давлении 5 МПа в течение 10 минут. Свойства полученных в результате прессования пластин измеряли по традиционным методикам [3].

Результаты предварительных опытов показали, что РПКт, полученные без содержания в них целлюлозы и диоктилтерефталата (ДОТф), имеют не нулевые значения некоторых измеренных свойств композитов ( $Y_j$ ), поэтому в качестве математической модели зависимости свойств композитов от величины входных факторов был выбран следующий вид полиномиальной модели второго порядка со свободным членом:

$$Y_j = b_{0j} + b_{1j}Z_1 + b_{2j}Z_2 + b_{12j}Z_1Z_2 + b_{11j}Z_1^2 + b_{22j}Z_2^2.$$

После статистического анализа корреляционной связи между всеми переменными данной модели с доверительной вероятностью 0,95 был проведён регрессионный анализ результатов эксперимента с помощью программы MS Excel с последовательным исключением из уравнения регрессии членов с незначимыми коэффициентами.

Полученные в результате статистического анализа регрессионные зависимости свойств композитов от величины входных факторов приведены в табл. 2.

Из полученных зависимостей следует, что на число упругости, ударную вязкость и водопоглощение РПКт за 7 суток оказывает влияние из двух входных факторов только содержание в композите целлюлозы, а на модуль его упругости – только содержание пластификатора ДОТф.

Таблица 2

Регрессионные зависимости свойств композитов  
от величины входных факторов

Свойство композита	Адекватная регрессионная зависимость
Твёрдость по Бринеллю (ТБ), МПа	$ТБ = 35,609 + 0,619Z_1Z_2$
Модуль упругости (МУ), МПа	$МУ = 340,282 + 87,753Z_2$
Число упругости (ЧУ), %	$ЧУ = 1,977Z_1$
Прочность при изгибе (ПИ), МПа	$ПИ = 23,46 + 0,22Z_1Z_2$
Ударная вязкость (УВ), кДж/м <sup>2</sup>	$УВ = 0,09Z_1$
Водопоглощение за сутки (В <sub>1</sub> ), %	$В_1 = 5,45 - 0,192Z_1 - 0,035 Z_1Z_2$
Водопоглощение за 7суток (В <sub>7</sub> ), %	$В_7 = 6,396 + 0,126 Z_1$

При этом с увеличением содержания в РПКт целлюлозы повышается его ударная вязкость и водопоглощение за 7 суток, а с увеличением содержания ДОТф в композите увеличивается его модуль упругости.

На показатель твёрдости РПКт по Бринеллю и прочности при изгибе исследованные входные факторы имеют синергетический эффект влияния. Максимальное значение этих показателей достигается при максимальных значениях входных факторов в исследованной факторной области (рис. 1, 2).

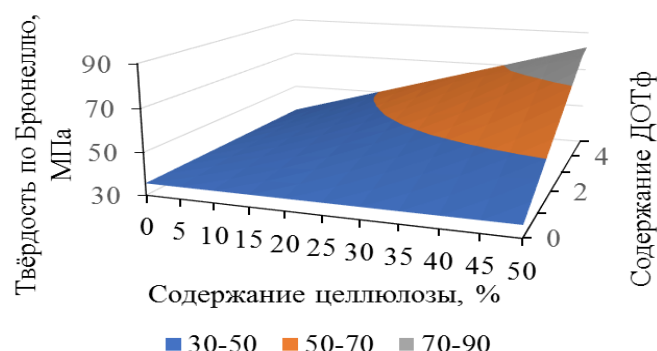


Рис. 1. Влияние содержания компонентов РПКт на его твёрдость по Бринеллю

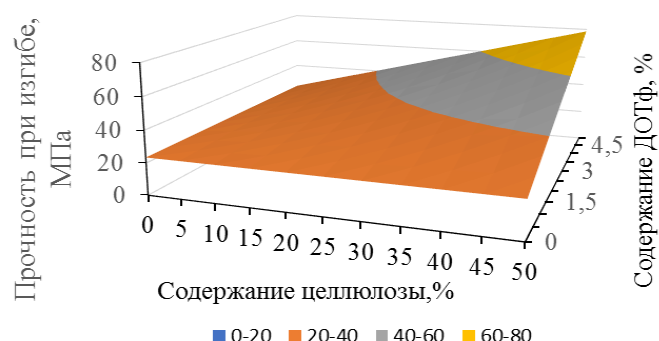


Рис. 2. Влияние содержания компонентов РПКт на его прочность при изгибе

Входные факторы, наоборот, имеют антагонистический эффект влияния на водопоглощение композита за одни сутки. При минимальных зна-

чениях входных факторов в исследованной факторной области достигается минимальное значение этого показателя (рис. 3).

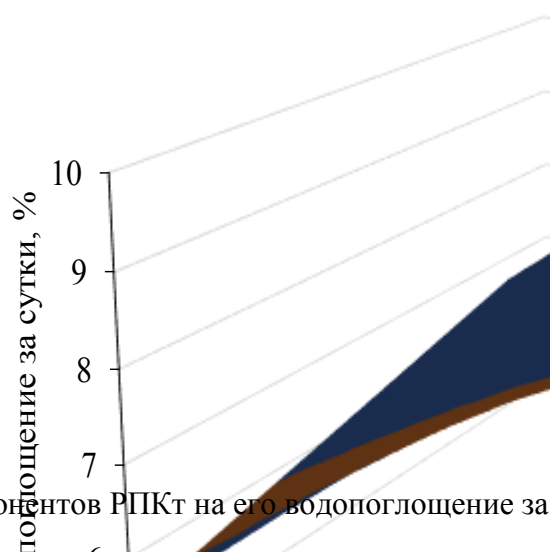


Рис. 3. Влияние содержания компонентов РПКт на его водопоглощение за сутки

Таким образом, в результате проведённых экспериментальных исследований установлено положительное влияние содержания сульфатной целлюлозы и пластификатора диоктилтерефталата в композитах с поливинилхлоридным связующим и наполнителями из смесей сульфатной целлюлозы и гидролизного лигнина на некоторые свойства материалов, получаемых горячим прессованием. При этом при совместном присутствии в составе композита сульфатной целлюлозы диоктилтерефталата может наблюдаться существенный синергетический эффект на свойства материала.

### *Библиографический список*

1. Клёсов А. А. Древесно-полимерные композиты. — СПб. : Научные основы и технологии. — 2010. — 736 с.
2. Получение и применение изделий из древесно-полимерных композитов с термопластичными полимерными матрицами: учеб. пособие / В. В. Глухих, Н. М. Мухин, А. Е. Шкуро, В. Г. Бурындин. — Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014. — 85 с.
3. Мухин Н. М., Бурындин В. Г. Определение реологических и физико-механических свойств полимерных материалов: метод. указания. — Екатеринбург : Ур. госуд. лесотехн. ун-т, 2011. — 32 с.